

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-4772

(P2002-4772A)

(43)公開日 平成14年1月9日(2002.1.9)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\*(参考)

E 2 1 D 9/08

E 2 1 D 9/08

C 2 D 0 5 4

G 0 1 L 5/12

G 0 1 L 5/12

2 F 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願2000-182120(P2000-182120)

(22)出願日 平成12年6月16日(2000.6.16)

(71)出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72)発明者 皆川 伸也

東京都西多摩郡瑞穂町殿ヶ谷229 石川島

播磨重工業株式会社瑞穂工場内

(72)発明者 中洲 健一

東京都西多摩郡瑞穂町殿ヶ谷229 石川島

播磨重工業株式会社瑞穂工場内

(74)代理人 100097515

弁理士 堀田 実 (外1名)

最終頁に続く

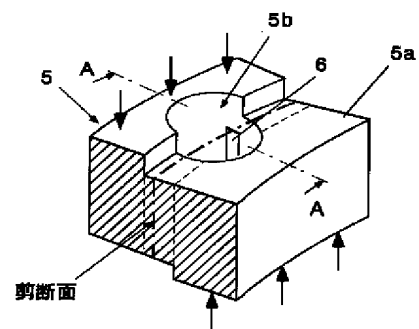
(54)【発明の名称】 駆動軸のスラスト荷重検出方法と検出装置

(57)【要約】

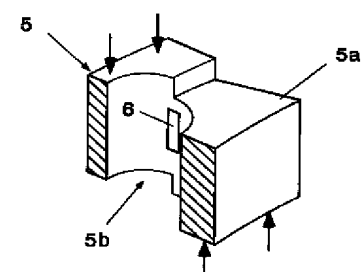
【課題】 掘削反力によりカッタ駆動軸に発生する軸スラスト力の実働荷重を検出することができ、かつ軸受部の剛性を高く維持でき、更に軸スラスト力の実働荷重の分布をも検出することができ、これにより、軸力を定量的に表示し記録して経験に頼らないシールド掘進機の操業ができ、シールド機の完全自動化の実現に近づけることができる駆動軸スラスト荷重の検出方法と検出装置を提供する。

【解決手段】 カッタ駆動軸3のスラスト軸受4の外輪後部に中空円筒形に形成された一体の荷重検出器5を装着し、回転軸系の静止部においてカッタ駆動軸に作用するスラスト荷重を検出する。荷重検出器5は、カッタ駆動軸と同心にスラスト軸受の外輪後部と回転軸系の静止部との間に挟持された中空円筒形の本体5aを備える。この本体は周方向に間隔を隔てかつ軸方向に貫通した複数の貫通孔5bを有し、その内面に本体に生じる歪みを検出するように荷重センサー6が取付けられている。

(A)



(B)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 カッタ駆動軸(3)のスラスト軸受(4)の外輪後部に中空円筒形に形成された一体の荷重検出器(5)を装着し、該荷重検出器により回転軸系の静止部においてカッタ駆動軸に作用するスラスト荷重を検出する、ことを特徴とする駆動軸のスラスト荷重検出装置。

【請求項2】 前記荷重検出器(5)は、カッタ駆動軸と同心にスラスト軸受の外輪後部と回転軸系の静止部との間に挟持された中空円筒形の本体(5a)を備え、該本体は周方向に間隔を隔てかつ軸方向に穿孔された複数の取付孔(5b)を有し、該取付孔の内面に本体に生じるひずみを検出するように荷重センサー(6)が取付けられている、ことを特徴とする請求項1に記載の駆動軸のスラスト荷重検出装置。

【請求項3】 カッタ駆動軸(3)のスラスト軸受(4)の内輪前部に中空円筒形に形成された一体の荷重検出器(5)を装着し、該荷重検出器により回転軸系の回転部においてカッタ駆動軸に作用するスラスト荷重を検出する、ことを特徴とする駆動軸のスラスト荷重検出装置。

【請求項4】 前記荷重検出器(5)は、カッタ駆動軸と同心にスラスト軸受の内輪前部と回転軸系の回転部との間に挟持された中空円筒形の本体(5a)を備え、該本体は周方向に間隔を隔てかつ軸方向に貫通した複数の取付孔(5b)を有し、該取付孔の内面に本体に生じるひずみを検出するように荷重センサー(6)が取付けられている、ことを特徴とする請求項3に記載の駆動軸のスラスト荷重検出装置。

【請求項5】 カッタ駆動軸の軸端中心部に設けられ前記各荷重センサーの出力を無線で静止部に伝送する信号伝送機(7)と、カッタ駆動軸の軸端中心の後方静止部に設けられた信号受信機(10)とを備える、ことを特徴とする請求項3又は4に記載の駆動軸のスラスト荷重検出装置。

【請求項6】 前記荷重検出器の本体と一体に設けられ各荷重センサーの出力を無線で静止部に伝送するテレメータ(7)と、該テレメータと対向する後方静止部に設けられたテレメータ受信機(10)とを備える、ことを特徴とする請求項3又は4に記載の駆動軸のスラスト荷重検出装置。

【請求項7】 カッタ駆動軸と同心にスラスト軸受の外輪後部と回転軸系の静止部との間に挟持された中空円筒形の荷重検出器本体の周方向N等分(Nは整数)の位置にそれぞれに独立した荷重センサーを備え、各荷重センサーからの出力を加算平均し、この出力に等価する荷重値を表示・収録・出力する、ことを特徴とする駆動軸のスラスト荷重検出方法。

【請求項8】 複数の荷重センサーの一部が欠損した場合に、残された健全な荷重センサーの出力を加算平均す

ることで、計測を続行することを特徴とする請求項7に記載の駆動軸のスラスト荷重検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、駆動軸のスラスト荷重検出方法と検出装置に係わり、更に詳しくは、シールド掘進機において掘進作業時の前面荷重(掘削面反力)によりカッタ駆動軸に発生する実働スラスト荷重を逐次検出できる駆動軸スラスト荷重の検出方法と検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】シールド工法は、軟弱な地盤に適用するトンネル工法の1つであり、シールド掘進機(又はシールド機)と呼ばれる掘進機を、地中における周囲の土砂の崩壊を防ぎながら地盤を掘削しつつ推進させ、シールド機の内部で安全に、掘削した土砂の取込み・搬出作業、覆工作業を行い、トンネルを構築してゆくものである。

【0003】かかるシールド掘進機は、主に、カッタ、シールドジャッキ、土砂取込み装置及びエレクターで構成されている。ここで、カッタは回転しながら地盤を掘削する装置であり、シールドジャッキはシールド掘進機を前進させる装置であり、土砂取込み装置は掘進速度に合せて、掘削した土砂を取出す装置であり、エレクターは掘進する背後で、鋳鉄或はコンクリート製のブロック(シールドセグメント)を組み立て、トンネル壁を構築する装置である。

【0004】上述したシールド掘進機を使用するシールド工法の掘削作業計画において、掘進の経路となる地盤の土質に関しては、予め、事前に調査が行われ、工事の目的と土質の性状に適應したシールド機とカッタ形状が経験的に選定される。さらに掘削作業においては、土質の性状に応じたカッタ回転数と、シールドジャッキの油圧(推進速度)が経験値をもとに設定され、経験と勘をもとにした掘進操作が行われてきた。しかし、従来、シールド機の掘進操作は、経験を主体とした操作方法と熟練者の勘に依存するところが多かった。すなわち、掘進作業中の各場面において、前面荷重(掘削面反力)は、極めて重要であり、常時定量的に把握されているべきものである。しかし、従来は、実測する方法が無いため、前面荷重の把握なしに経験に頼って掘進操作をせざるを得ず、時として、シールドジャッキの推進力と前面荷重(掘削面反力)とのバランスが崩れ、カッタ駆動軸のスラスト軸受に過大なスラスト荷重の発生を招くことがあった。言い換えれば、シールド機の完全自動化が進まない理由の1つに、制御対象のモデル化が難しいことが指摘されている。元来、土の種類そのものが千差万別であり、仮に、土の組成が特定できたとしても、機械的特性を単純に決定できないところが、この分野における常識とされていた。

【0005】ここで、シールド工法における掘削・掘進工程を列記すると以下になる。

(1) まず、円弧状のシールドセグメントを組立て、さらにこれを結合して構築した円筒剛体(トンネル壁)から反力をとり、シールドジャッキ・ピストンのストロークにより、シールド機全体を前進する。

(2) この前進により、シールド機前面の土層は、回転するカッタにより掘削され、掘り出した土砂はスクリュウコンベアでシールド機内に取込まれ、さらにベルトコンベアでトンネル外に排除される。

(3) シールド機が前進しその後方にシールドセグメントの組立てに要する空間(ジャッキのストローク)が確保された時点で、シールドジャッキのピストンを収納し、得られた空間で新たにセグメントを組立て、前段階で構築した円筒部と結合し、トンネル壁を延長する。以上のサイクルを繰り返すことにより、シールドセグメントを順次継ぎ足し、トンネル壁は更に長さを増すことになる。

【0006】掘進作業中に直面する土固有の特性に起因する事象について次に列記する。

(1) シールド機の掘進作業において、シールドジャッキが発生する推力は、シールド機本体が周囲の土層から常時受ける土圧による摩擦力、および、掘削時に前方土層から受ける反力等にロス成分として消費され、残りの成分(推力の一部)のみが、カッタ軸において掘削に寄与する。

(2) これらのロス成分は、必ずしも一定値をとるものではなく、時々刻々変化する土質の性状に左右される。

(3) 土層の機械的性質が、掘削経路について必ずしも一定でないため、掘削条件を一定値に設定することができず、土質の性状に応じ、逐次、条件の設定を変えることを必要とする。

(4) 土の組成を特定しても、機械的性質を単純に決定することが難しいため、掘削条件を一定に設定することができない。

(5) 掘削前面の土層に土圧分布がある場合、或いは、圧力勾配が存在する場合にも、掘削条件を一定に設定することができない。

(6) 掘削前面の土層に密度差が存在し、掘削反力が部分的に異なる場合にも、掘削条件を一定に設定することができない。

(7) 掘削前面の土層の性状が不均質の場合、掘進量に部分的な差が生じ、シールド機に横力(サイドフォース)が作用し、首振り・蛇行に移行することが懸念される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】シールド掘進機の理想的な姿としての完全自動化が進まない理由は、上述のように、土の性質そのものが不確定で、機械的特性を特定できないことに起因している。また、シールド掘進機の

完全自動化を図る手段の第一歩として、掘削に関連する諸情報、例えば、カッタの掘削トルク、ジャッキの掘進速度(ストローク)、カッタ軸の掘削反力等の実働データ、及びこれら事象の相関関係の把握が不可欠である。しかし、従来技術には、これら物理量を検出し、測定・記録する装置が装備されていないため、前記事象の挙動に関するデータの蓄積は皆無であり、全くの未知数であった。

10 【0008】すなわち、従来のシールド掘進機には、以下の問題点があった。

(1) シールド掘進機による掘削作業時には、掘進経路において刻々変化する土質の性状に逐次対応し、適切な処置が盛込まれた掘削・掘進操作が要求される。したがって、掘削中における各時点での前面荷重の値が把握されていなければ、適切な処置が行えないことになる。従来のシールド掘進機においては、掘進時における前面荷重の値を検出し、表示するための荷重検出器と測定装置が装備されていないため、適切な掘削・掘進操作が行われていなかった。

20 (2) 従来の掘削作業において、推進力の荷重管理の指標となるものは、シールドジャッキの油圧から経験的に推定された荷重値であって、掘削作業状態における真の前面荷重、即ち、カッタ駆動軸に作用するスラスト荷重ではなかった。

(3) 掘削時に直面している前面荷重値に対し、シールドジャッキの油圧ははるかに高いが、土層周辺の摩擦によるロス成分が加わったことでバランスが保たれ、掘進操作が行われている。従って、何らかの原因で摩擦力が急激に減少し、さらに、掘削する土砂の量が変化しない場合、カッタ駆動軸に過大な推力が作用する可能性があった。

30 (4) シールドジャッキ油圧、ジャッキピストンのストローク量、カッタ軸の駆動トルク、及びカッタ駆動軸のスラスト荷重、等の検出方法、さらに、これらの物理量の相関に関連付ける掘削理論の確立が未成立であった。

(5) 推進力の制御手段が未成立であった。

(6) 摩擦力等の不確定要因が内在するため、過大推力発生を防止するためのシールドジャッキ推力の制限値を確定し難かった。

40 【0009】上述した問題点を解決するために、本発明の発明者等は、先に軸受のスラスト荷重測定装置を創案し出願した(特公平3-14129号、特公平3-15136号、特公平3-15138号、特公平3-21855号、等)。しかし、これらの装置では、複数のロードセルやひずみゲージを軸受部に組み込むため、軸受部の剛性が低下する問題点があった。また、複数のロードセルの当たりを均等に保持することが困難であり、駆動軸スラスト荷重を分布を検出することが困難であった。

50 【0010】本発明は、上述した従来の問題点を解決するために創案されたものである。すなわち本発明の目的

は、掘削反力によりカッタ駆動軸に発生する軸スラスト力の実働荷重を検出することができ、かつ軸受部の剛性を高く維持でき、更に軸スラスト力の実働荷重の分布をも検出することができ、これにより、軸力を定量的に表示し記録して経験に頼らないシールド掘進機の操業ができ、シールド機の完全自動化の実現に近づけることができる駆動軸スラスト荷重の検出方法と検出装置を提供することにある。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、カッタ駆動軸(3)のスラスト軸受(4)の外輪後部に中空円筒形に形成された一体の荷重検出器(5)を装着し、該荷重検出器により回転軸系の静止部においてカッタ駆動軸に作用するスラスト荷重を検出する、ことを特徴とする駆動軸のスラスト荷重検出装置が提供される。この構成により、中空円筒形の一体の荷重検出器(5)により、静止部でスラスト荷重を検出できるので、掘削反力によりカッタ駆動軸に発生する軸スラスト力の実働荷重を直接検出することができ、かつ軸受部の剛性を高く維持できる。

【0012】本発明の好ましい実施形態によれば、前記荷重検出器(5)は、カッタ駆動軸と同心にスラスト軸受の外輪後部と回転軸系の静止部との間に挟持された中空円筒形の本体(5a)を備え、該本体は周方向に間隔を隔てかつ軸方向に貫通した複数の取付孔(5b)を有し、該取付孔の内面に本体に生じるひずみを検出するように荷重センサー(6)が取付けられている。この構成により、荷重検出器(5)を中空円筒形に一体に形成することができ、かつ複数の荷重センサー(6)により、軸スラスト力の実働荷重の周方向の分布を検出することが

【0013】また、カッタ駆動軸(3)のスラスト軸受(4)の内輪前部に中空円筒形に形成された一体の荷重検出器(5)を装着し、該荷重検出器により回転軸系の回転部においてカッタ駆動軸に作用するスラスト荷重を検出する、ことを特徴とする駆動軸のスラスト荷重検出装置が提供される。この構成により、中空円筒形の一体の荷重検出器(5)により、回転部でスラスト荷重を検出できるので、掘削反力によりカッタ駆動軸に発生する軸スラスト力の実働荷重を直接検出することができ、かつ軸受部の剛性を高く維持できる。

【0014】本発明の好ましい実施形態によれば、前記荷重検出器(5)は、カッタ駆動軸と同心にスラスト軸受の内輪前部と回転軸系の回転部との間に挟持された中空円筒形の本体(5a)を備え、該本体は周方向に間隔を隔てかつ軸方向に貫通した複数の取付孔(5b)を有し、該取付孔の内面に本体に生じるひずみを検出するように荷重センサー(6)が取付けられている。この構成により、荷重検出器(5)を中空円筒形に一体に形成することができ、かつ複数の荷重センサー(6)により、

軸スラスト力の実働荷重の周方向の分布を検出することができる。

【0015】また、カッタ駆動軸の軸端中心部に設けられ前記各荷重センサーの出力を無線で静止部に伝送する信号伝送機(7)と、カッタ駆動軸の軸端中心の後方静止部に設けられた信号受信機(10)とを備える。この構成により、信号伝送機(7)と信号受信機(10)により、各荷重センサーの出力を無線で静止部に伝送することができる。

【0016】また、前記荷重検出器の本体と一体に設けられ各荷重センサーの出力を無線で静止部に伝送するテレメータ(7)と、該テレメータと対向する後方静止部に設けられたテレメータ受信機(10)とを備えてもよい。この構成によっても、テレメータ(7)とテレメータ受信機(10)により、各荷重センサーの出力を無線で静止部に伝送することができる。

【0017】また、本発明の方法によれば、カッタ駆動軸と同心にスラスト軸受の外輪後部と回転軸系の静止部との間に挟持された中空円筒形の荷重検出器本体の周方向N等分(Nは整数)の位置にそれぞれに独立した荷重センサーを備え、各荷重センサーからの出力を加算平均し、この出力に等価する荷重値を表示・収録・出力する。この方法により、軸力を定量的に表示し記録して経験に頼らないシールド掘進機の操業ができる。

【0018】更に、複数の荷重センサーの一部が欠損した場合に、残された健全な荷重センサーの出力を加算平均することで、計測を続行する。この方法により、シールド掘進機は一旦稼働状態にはいると長期にわたる操業を余儀なくされるが、この操業により荷重センサーに劣化等による欠損が生じた場合でも、計測の続行が可能となる。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。なお、各図において共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。図1は、本発明の第1実施形態を示す全体構成図であり、(A)は側面図、(B)はその背面図と計測システム図である。

【0020】図1の全体システム・構成図において、従来の技術における欠点を補うためにカッタ・掘削面2に作用する前面荷重1により、カッタ駆動軸3に発生する軸方向のスラスト荷重は、スラスト軸受4の後部に装着した荷重検出器5に伝わり、荷重検出器5の底面を反力点として力のバランスが保たれる。荷重検出器5に加えられたスラスト荷重は、荷重検出器5に構築した複数の荷重センサ6で電気信号に変換され、各荷重センサ6の出力は、信号ケーブル保護管8内に内装されたセンサケーブル7を介して、全密閉・防水型保護ケース9内に格納されたプリアンプ10に入力される。荷重センサ6の構築数と同数のプリアンプ10は、荷重センサ6の電

圧入力を電流出力に変換し、変換された電流信号は、信号ケーブル保護管11内に内装した信号線を介して荷重監視・記録装置12に入力される。

【0021】荷重監視・記録装置12は、以下の機能を具備するものとする。

(1) 複数の荷重センサ6の信号を加算平均し、デジタル指示計13において、ピークホールドを設定することにより最大荷重値を表示する。さらにアナログ指示計14においては、スラスト荷重の制限値を設定し、制限値を超える荷重発生時にアラームを発し、操作員の注

(2) 複数の荷重センサ6の個々の信号をアナログ信号に変換し、データレコーダ等のデータ収録装置16により信号を記録し、必要に応じ頻度解析装置17による解析も可能となる。

(3) 複数の荷重センサ6の個々の信号、或いは、加算平均化された荷重信号は制御信号15として、シールドジャッキの油圧制御回路にインプットし、過大なスラスト荷重発生時における緊急停止信号として使用可能である。

【0022】図2は荷重検出器の装着説明図であり、

(A)は側面図、(B)は背面図である。図2の装着概要図において、カッタ駆動軸3(回転部)に作用するスラスト荷重は、スラスト軸受4の外輪(静止部)に伝わり、さらに、外輪の後部に装着した荷重検出器5に伝達される。荷重検出器5には複数の荷重センサ6が円周に沿って等配位置に構築される。

【0023】図3は、従来のシールド掘進機のカッタ駆動軸の構成図である。この図に示すように、従来のシールド掘進作業では、カッター掘削面2に作用する前面荷重1により、カッタ駆動軸3に作用する軸方向のスラスト荷重は、スラスト軸受4からの反力を受けることにより、力のバランスを維持する機能を有するのみで、力の大きさをセンシングする機能は装備されていない。

【0024】図1及び図2に示したように、本発明の駆動軸のスラスト荷重検出装置では、カッタ駆動軸3のスラスト軸受4の外輪後部に中空円筒形に形成された一体の荷重検出器5を装着し、該荷重検出器により回転軸系の静止部においてカッタ駆動軸に作用するスラスト荷重を検出する。

【0025】図4は荷重検出器の部分斜視図であり、

(A)は取付孔5bを含む部分図、(B)はこれをA-A線において切断した図である。荷重検出器5は、カッタ駆動軸3と同心にスラスト軸受4の外輪後部と回転軸系の静止部との間に挟持された中空円筒形の本体5aを備える。この本体5aは、図に示すように内径側がスラスト軸受4の外輪後部と接触し、外径側が回転軸系の静止部に接触するように段差を有している。また、この本体5aは、周方向に間隔を隔てかつ軸方向に貫通した複数(図1の例では6箇所)の取付孔5bを有する。ま

た、この取付孔5bの内面には本体5aに生じるひずみを検出するように荷重センサ6が取付けられている。この荷重センサ6は、例えばひずみゲージである。なお、ここでは取付孔5bとして貫通孔を用いたが、必ずしも貫通している必要はない。

【0026】また、図1に示すように本発明によれば、カッタ駆動軸3と同心にスラスト軸受4の外輪後部と回転軸系の静止部との間に挟持された中空円筒形の荷重検出器5の本体の周方向N等分(Nは整数)の位置にそれぞれに独立した荷重センサ6を備え、荷重監視・記録装置12とデータ収録装置16により各荷重センサ6からの出力を加算平均し、この出力に等価する荷重値を表示・収録・出力する。更に、複数の荷重センサ6の一部が欠損した場合には、残された健全な荷重センサの出力を加算平均する。

【0027】上述したように、本発明によれば、掘削作業時の掘削面反力を常時実測するため、図1に示した荷重測定記録装置を装備する。この装置を装備することにより、従来、経験と勘に依存してきた前面荷重の定量化が可能となり、荷重の大きさとこれに対応するジャッキ推進速度の最適条件を維持することにより、安全で適切なシールド機の掘進操作が可能になる。

【0028】また、カッタ駆動軸3に生じる推力を検出するため、スラスト軸受4の後部に高剛性・高出力の荷重検出器5を図2に示す要領で装着し、掘進作業過程における実働スラスト荷重を実測するようにした。荷重検出器5をスラスト軸受4の後部、即ち、静止部に装着することにより、回転する軸系から静止系に荷重信号を伝送するための装置が省略でき、有線による信号配線を行うことで、全体システムの簡素化が可能となり、故障発生の度合いを低減することができる。

【0029】またカッタ駆動軸3は、長径の円盤を回転させるための駆動トルクと、前面荷重に耐え得る強度を維持するため、必然的に太い軸径の採用を余儀なくされる。本発明では、軸径の大きなカッタ駆動軸3におけるスラスト軸受外輪4-2の静止部に、高荷重に耐えると共に、高剛性で高出力を有する荷重検出器5を図2に示す要領で装着し、掘進作業過程における実働スラスト荷重の実測を可能にした。

【0030】更に荷重検出器5には、リング状の円周に沿ったN等配(Nは整数値)の位置に、それぞれ独立した荷重センサを構築し、これら、各荷重センサからの出力を加算平均し、平均出力に等価する荷重値を、表示・収録・出力する。稼動状態に入れば、長期に渡る操業を余儀なくされるシールド掘進機において、シールド機の中心部に位置する荷重センサ6に、劣化による欠損が生じた場合は、修理による復旧は先ず不可能である。この場合の対策として、本発明の方法では、劣化した荷重センサ6からの信号入力を遮断し、残された健全な荷重センサからの入力信号を加算平均すること

で、荷重測定の実行を可能にすることができる。

【0031】図5は、荷重検出器の構造例を示す図であり、(A)は部分側面図、(B)は部分正面図である。この図に示すように、カッタ駆動軸3に付随するスラスト軸受4の外輪と勘合、或いは締結し合う形状・寸法を有し、一体構造からなるリング状の構造部材において、円周に沿ったN等配(Nは整数値)の位置に、それぞれ独立した起歪部6-2(荷重一ひずみ受感部)を図4に示した要領で形成し、ひずみゲージ6-1を取付け、ブリッジ回路を形成することにより、N個の荷重センサ6を構築する。

【0032】荷重検出器5の荷重一ひずみ変換作用を図5をもとに説明する。荷重検出器5内には、N個の荷重センサ6が構築され、それぞれの荷重センサ6に対応して、n個(nは整数)のせん断梁6-4が付随して形成される。図5に示す荷重センサ6の両側に位置するせん断梁6-4の寸法と個数は、スラスト軸受・外輪4-2の外径に対応した荷重検出器5の外径と定格荷重に依存して決定される。前面荷重1に等価するスラスト荷重は、図5(A)に示すように、カッタ駆動軸3に作用し、スラスト軸受・内輪4-1からローラーを介してスラスト軸受・外輪4-2に伝わり、スラスト軸受・外輪4-2とベアリングサポート4-3に挟まれた荷重検出器5においてひずみ量に変換される。荷重検出器5はN個の荷重センサ6から構成され、荷重センサ6はn個のせん断梁6-4で、定格荷重を等分した分布荷重を検出する。

【0033】荷重検出器5の構成要素である荷重センサ6は、図5(A)に示すように、スラスト軸受・外輪4-2と接する荷重作用面6-3とベアリングサポート4-3と接する反作用面6-4との中間部位置する起歪部6-2において、分布荷重に対応してせん断梁6-4に生じたせん断ひずみをひずみゲージ6-1により検出する。この起歪部6-2に生じるひずみは、極性の異なる45°方向の直ひずみであるため、一對のせん断梁6-4に生じたひずみを一對の直交型ロゼットゲージで検出し、4ゲージ法のブリッジ回路を形成することにより、荷重をひずみ量に変換することができる。

【0034】上述した構成により、本発明の方法では、各荷重センサからの出力は、荷重監視・記録装置において加算平均化し、平均出力に等価する荷重値を、シールド掘進機操作盤のパネル上に表示し、必要に応じて収録・出力する。

【0035】図6は、本発明の第2実施形態を示す全体構成図であり、(A)は側面図、(B)はその計測システム図である。また、図7は図6(A)の拡大図である。

【0036】従来技術においては図3の従来図に示したように、カッタ駆動軸3に生じるスラスト荷重を検出する装置(センサなど)は具備されていないため、作業中

における前面荷重の正確な値が把握されなかった。これに対して、本発明では、掘進作業過程における前面荷重(カッタ駆動軸に作用するスラスト荷重)を検出し、この実測荷重値を明示するため、図6に示す、荷重検出器5と荷重監視・記録装置12をシールド掘進機に付加している。

【0037】すなわち、図6及び図7に示す要領でカッタ駆動軸3の外周上に荷重検出器5を装着し、スラスト荷重の検出を可能にし、さらに実測荷重値を明示するため、図6に示す、荷重測定器を内蔵した「荷重監視・記録装置12」をシールド掘進機操作盤に付加し、前面荷重を実測する方法を確立した。

【0038】カッタ駆動軸3は、長径の円盤を回転させるための駆動トルクと、前面荷重1に耐え得る強度を維持するため、必然的に太い軸計の採用を余儀なくされる。本発明のこの実施形態では、軸径の大きなカッタ駆動軸3とスラスト軸受内輪4-1との間に、高荷重に耐えると共に、高剛性で高出力を有する荷重検出器5を図3に示す要領で装着し、掘進作業過程における実測スラスト荷重の実測を可能にした。

【0039】図8は図7の部分拡大図であり、(A)は側面図、(B)は荷重検出器の正面図である。図8に示すように、荷重検出器5のカッタ駆動軸3への取付けは、カッタ駆動軸3の段差部とスラスト軸受・内輪4-1に対し、勘合・締結し合う形で両者の中間部に装着される。この場合、荷重検出器5は回転するカッタ駆動軸3の外周上に位置するため、各荷重センサ6から出力信号を伝達するリード線は、カッタ駆動軸3の中心部に穿ったリード線配線孔8-1を貫通して、カッタ駆動軸3の端部まで導かれる。

【0040】カッタ駆動軸3の端部には、回転体から静止部に信号を伝えるための信号伝送機7(例えば、スリップリング7-1、テレメータ7-2、或いは、回転トランス7-3)を設け、各荷重センサ6から出力信号を有線状態と变りなく伝送する。

【0041】図9は、本発明の第3実施形態を示す部分構成図であり、(A)は側面図、(B)はその計測システム図である。なお、この第3実施形態における計測システム図は、図6(B)と同一である。図9に示すように、荷重検出器5のカッタ駆動軸3への取付けは、荷重検出器5とテレメータ7-2を一体化し、減速機の車室内で信号の伝送を行う。このため、カッタ駆動軸3の中心部にリード線配線孔8-1を穿つ必要がなくなる利点がある。さらに、本装置の特徴は、非接触方式による、テレメータ送信機7-2への電力供給及びテレメータ送信機7-2による信号の送受信により、長期にわたる連続測定を可能にしたもので、土木機械の連続稼動に十分対応し得る機能を有するものである。

【0042】動作例を詳述すると、テレメータ送信機7-2と、これに近接する受信アンテナ・セット7-2、

10

20

30

40

50

## 11

5において、テレメータ送信機7-2が内蔵する受電コイル7-2.4には、これに電氣的に近接する給電コイル7-2.3が配される。給電コイル7-2.3には、テレメータ受信機10-1に付随する高周波交流電源部からの高周波電流が供給され、両コイル間における電磁誘導により、テレメータ送信機7-2に電力が供給され動作状態となる。テレメータ送信機7-2は、給電が維持される期間、信号の送信を持續し、送信アンテナ7-2.1から受信アンテナ7-2.2に伝送され、受信アンテナ・セット7-2.5を経てテレメータ受信機10-1に伝わり荷重信号に等価する電気信号に変換される。

【0043】図10は、第2実施形態及び第3実施形態に適用する荷重検出器の構成図であり、(A)は正面図、(B)は側面図、(C)は部分拡大図である。この図に示すように、カッタ駆動軸3及びスラスト軸受・内輪4-1と勘合、及び締結し合う形状・寸法を有し、一体構造からなるリング状の構造部材において、円周に沿ったN等配(Nは整数値)の位置に、それぞれ独立した起歪部6-2(荷重一ひずみ受感部)を形成し、ひずみゲージ6-1を取付け、ブリッジ回路を形成することにより、N個の荷重センサ6を構築している。

【0044】荷重検出器5の荷重一ひずみ変換作用を図10をもとに説明する。荷重検出器5には、N個の荷重センサ6が構築され、それぞれの荷重センサ6に対応して、n個(nは整数)のせん断梁6-4が付随して形成される。図10(A)に示す荷重センサ6の両側に位置するせん断梁6-4の寸法と個数は、スラスト軸受・外輪4-2の外径に対応した荷重検出器5の外径と定格荷重に依存して決定される。前面荷重1に等価するスラスト荷重は、図10(B)の拡大図に示すように、カッタ駆動軸3に作用し、スラスト軸受・内輪4-1からローラを介してスラスト軸受・外輪4-2に伝わり、スラスト軸受1外輪4-2とベアリングサポート4-3に挟まれた荷重検出器5においてひずみ量に変換される。荷重検出器5はN個の荷重センサ6から構成され、荷重センサ6はn個のせん断梁6-4で、定格荷重を等分した分布荷重を検出する。

【0045】荷重検出器5の構成要素である荷重センサ6は、図10(C)に示すように、スラスト軸受・外輪4-2と接する荷重作用面6-3とベアリングサポート4-3と接する反作用面6-4との中間6-2において、分布荷重に対応してせん断梁6-4に生じたせん断ひずみをひずみゲージ6-1により検出する。この起歪部6-2に生じるひずみは、極性の異なる45°方向の直ひずみであるため、一对のせん断梁6-4に生じたひずみを一对の直交型ロゼットゲージで検出し、4ゲージ法のブリッジ回路を形成することにより、荷重をひずみ量に変換することができる。

【0046】また、各荷重センサからの出力は、荷重監

## 12

視・記録装置において加算平均化し、平均出力に等価する荷重値を、シールド掘進機操作盤のパネル上に表示し、必要に応じて収録・出力する。

【0047】なお、本発明は上述した実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更できることは勿論である。

【0048】

【発明の効果】上述した本発明の駆動軸スラスト荷重の検出方法と検出装置は、以下の効果を有する。

1. 従来技術においては不可能であったカッタ駆動軸の推力を検出し、これを荷重値として表示し、監視する装置を装備することにより、前面荷重の定量化が可能となり、従来、経験と勘に依存してきた作業から、定量的に目に見える作業に移行することで、作業の質の向上と安全性の確保に寄与する。
2. シールド機の操作面では、荷重の大きさとこれに対応するジャッキ推進速度の最適条件を維持することで、安全で適切なシールド機の掘進作業が可能になる。
3. 運転操作盤のスラスト荷重表示装置において、シールド機に許容される荷重値を、制限値として設定することで、過大な推力発生の防止に寄与する。
4. 荷重変換器を、スラスト軸受後部の静止側に設置することで、信号線の配線が簡素化し、故障の発生を低減させる。
5. 径の大きな回転軸に作用する大スラスト荷重の検出と、荷重値の定量的な表示と収録技術が確立され、同種の装置に対する適用が可能となる。
6. カッタ駆動軸推力測定に続いて、ジャッキ油圧(推力)、ピストンストローク(変位・推進速度)、カッタ駆動トルク(掘削動力)、等の物理量を関連付け、各種土質との相関性を解明することにより、シールド掘進機における自動制御系の確立に寄与する。
7. 軸系のスラスト荷重検出に続いて、掘削動力に関連する要素のセンシングが進み、土の性状に関する情報が蓄積され、制御対象のモデル化が可能になり、結果的に、シールド掘進機の自動化に近づく。

【0049】また、第1～第3実施形態の共通の効果として、

1. 前面荷重1を検出し、その実測された荷重値を明示することにより、掘削作業中における力の釣合いが常時把握され、目に見える形で掘進操作を実施することができる。
2. 前面荷重1の大きさ、及び、カッタ駆動軸3の軸径の太さに応じて、荷重検出器5の寸法を任意に対応でき、荷重センサ6の定格荷重と設置数の最適化により、異なる条件に対応し得る。
3. この効果として、稼動状態に入れば、長期に渡る操業を余儀なくされるシールド掘進機において、シールド機の中心部に位置する荷重センサーに、劣化による欠損が生じた場合は、修理による復旧は先ず不可能である。

## 13

この場合の対策として、劣化した荷重センサーからの信号入力を遮断し、残された健全な荷重センサーからの入力信号を加算平均することで、荷重測定の続行を可能にする。

【0050】更に、第1実施形態の固有の効果として、荷重検出器をスラスト軸受4の後部、即ち、静止部に装着することにより、回転する軸系から静止系に荷重信号を伝送するための装置が省略でき、有線による信号配線を行うことで、全体システムの簡素化が可能となり、故障発生度の低減を低減することができる。

【0051】また、第2、第3実施形態の固有の効果として、荷重検出器5をスラスト軸受4の前部、即ち、回転部に装着することは、静止部に装着する場合に比べ、システム全体を簡素化する面では優位性に欠けるが、信号伝送装置が介在するのみで、測定精度を阻害する要因は見当たらない。スリップリング装置7-1を用いる場合、カット駆動軸3の回転数が極めて低いいため、外径の小さなリングを有するスリップリング装置7-1を使用することで、リングブラシ間の相対周速度が低下し、ブラシ・ノイズの低減、ブラシ/リングの寿命延長が可能となる。テレメータ装置を用いる場合、送信機7-2に対し外部給電方式を採れば、理論的には無期限のデータ送信が可能となる。

【0052】従って、本発明の駆動軸スラスト荷重の検出方法と検出装置は、掘削反力によりカット駆動軸に発生する軸スラスト力の実働荷重を検出することができ、かつ軸受部の剛性を高く維持でき、更に軸スラスト力の実働荷重の分布をも検出することができ、これにより、

## 14

軸力を定量的に表示し記録して経験に頼らないシールド掘進機の操作ができ、シールド機の完全自動化の実現に近づけることができる、等の優れた効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態を示す全体構成図である。

【図2】荷重検出器の装着説明図である。

【図3】従来のシールド掘進機のカット駆動軸の構成図である。

10 【図4】荷重検出器の部分斜視図である。

【図5】荷重検出器の構造例を示す図である。

【図6】本発明の第2実施形態を示す全体構成図である。

【図7】図6(A)の拡大図である。

【図8】図7の部分拡大図である。

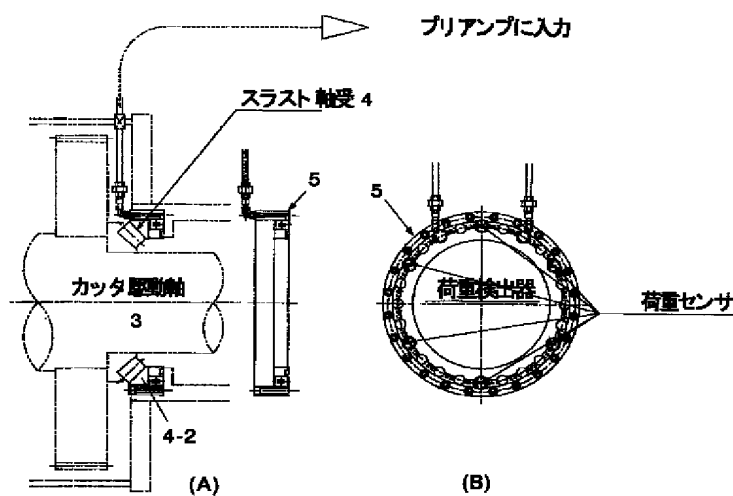
【図9】本発明の第3実施形態を示す部分構成図である。

【図10】荷重検出器の構成図である。

【符号の説明】

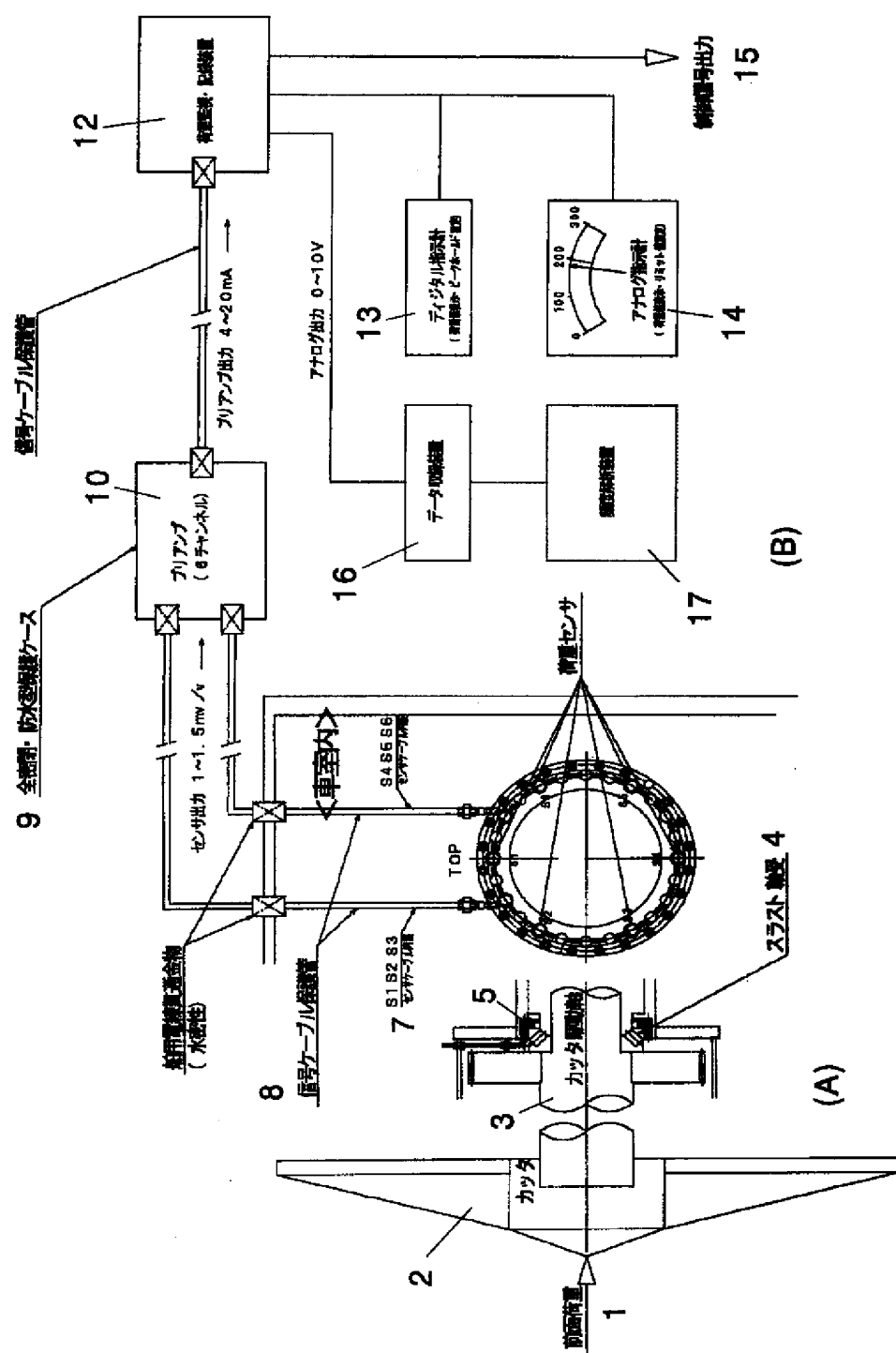
20 1 前面荷重、2 カッタ、3 カッタ駆動軸、4 スラスト軸受、5 荷重検出器、6 荷重センサ、7 荷重センサ信号ケーブル、8 信号ケーブル保護管、9 全密閉・防水型保護ケース、10 プリアンプ（電圧／電流変換機能付）、11 信号ケーブル保護管、12 荷重監視・記録装置、13 デジタル指示計（ピークホールド機能付）、14 アナログ指示計（制限値設定機能付）、15 制御信号出力、16 データ収録装置、17 頻度解析装置

【図2】

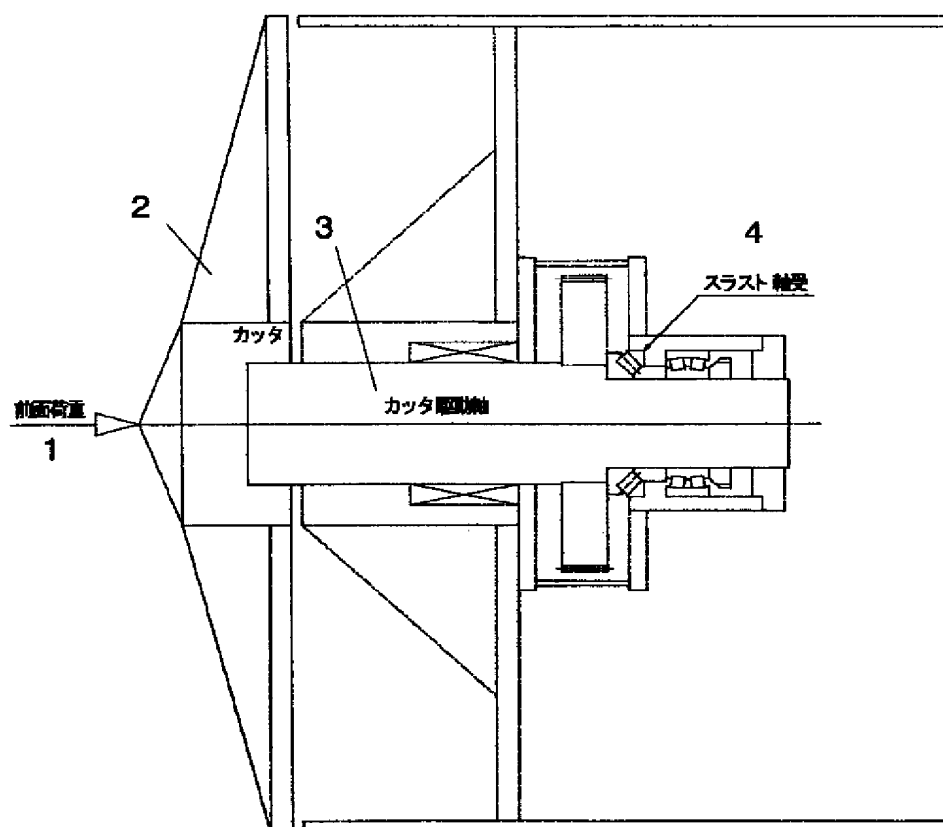




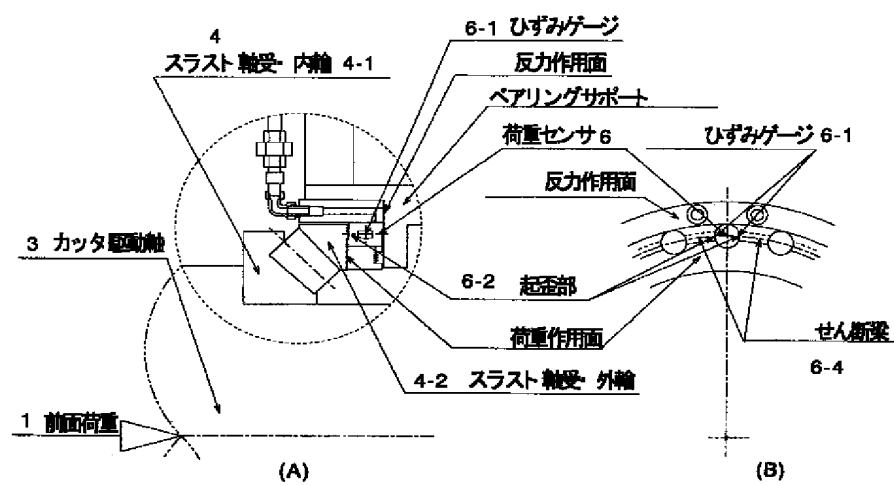
【図1】



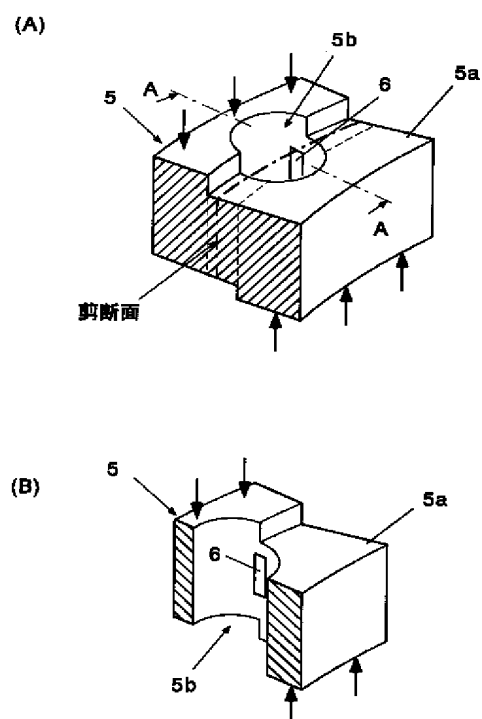
【図3】



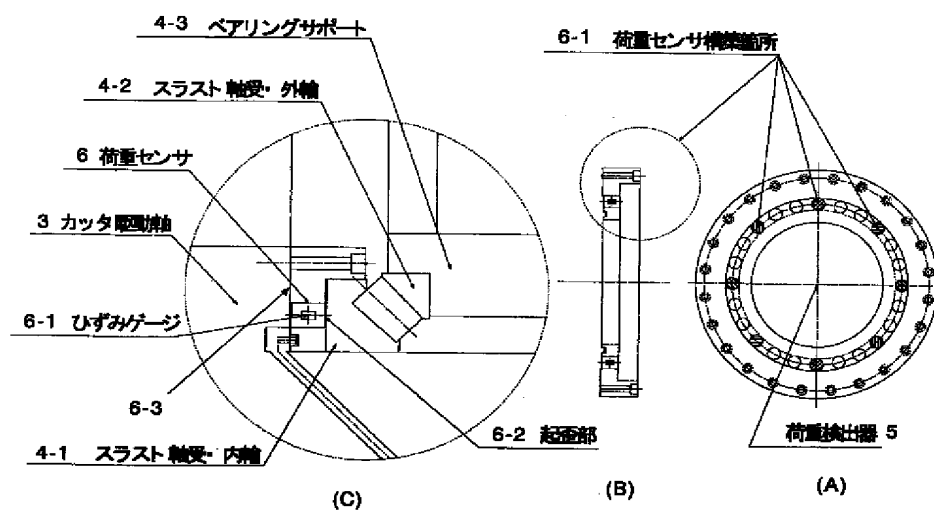
【図5】



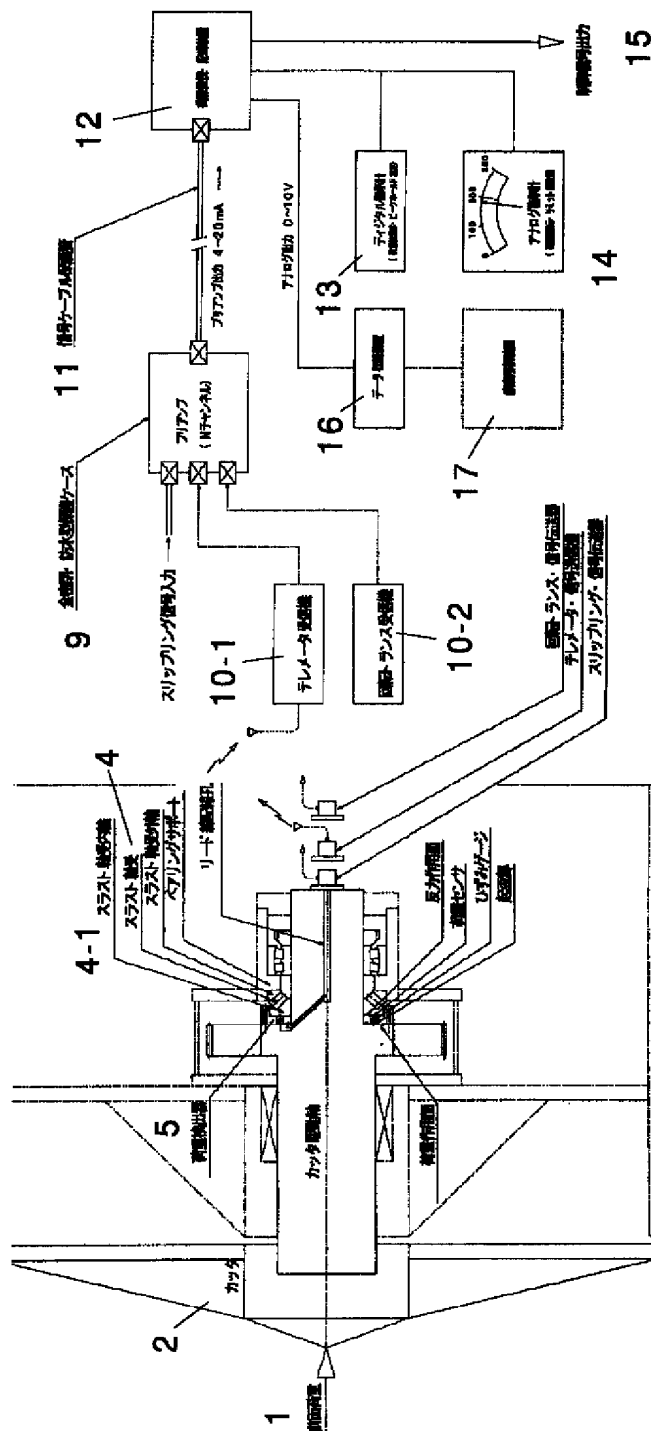
【図4】



【図10】



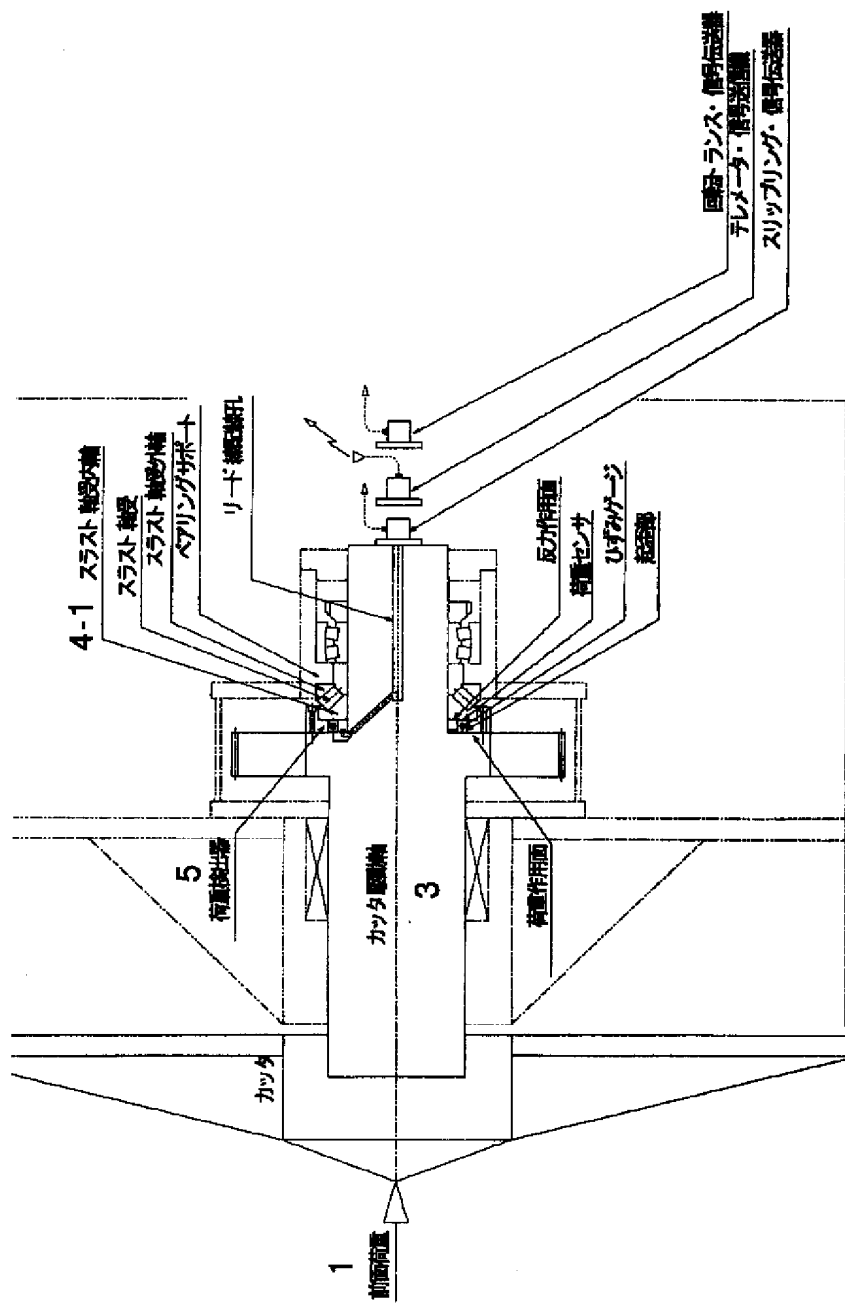
【图6】



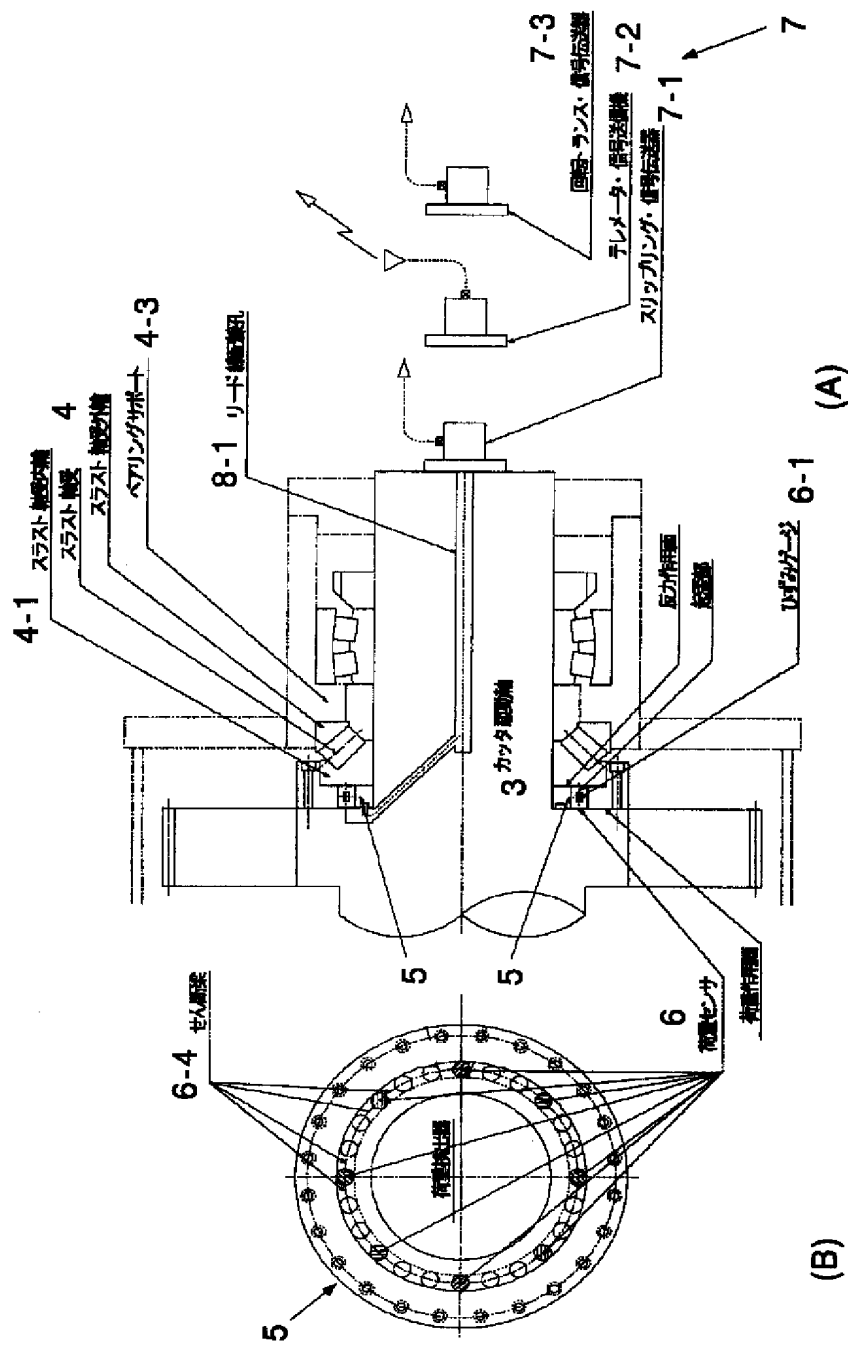
(B)

(A)

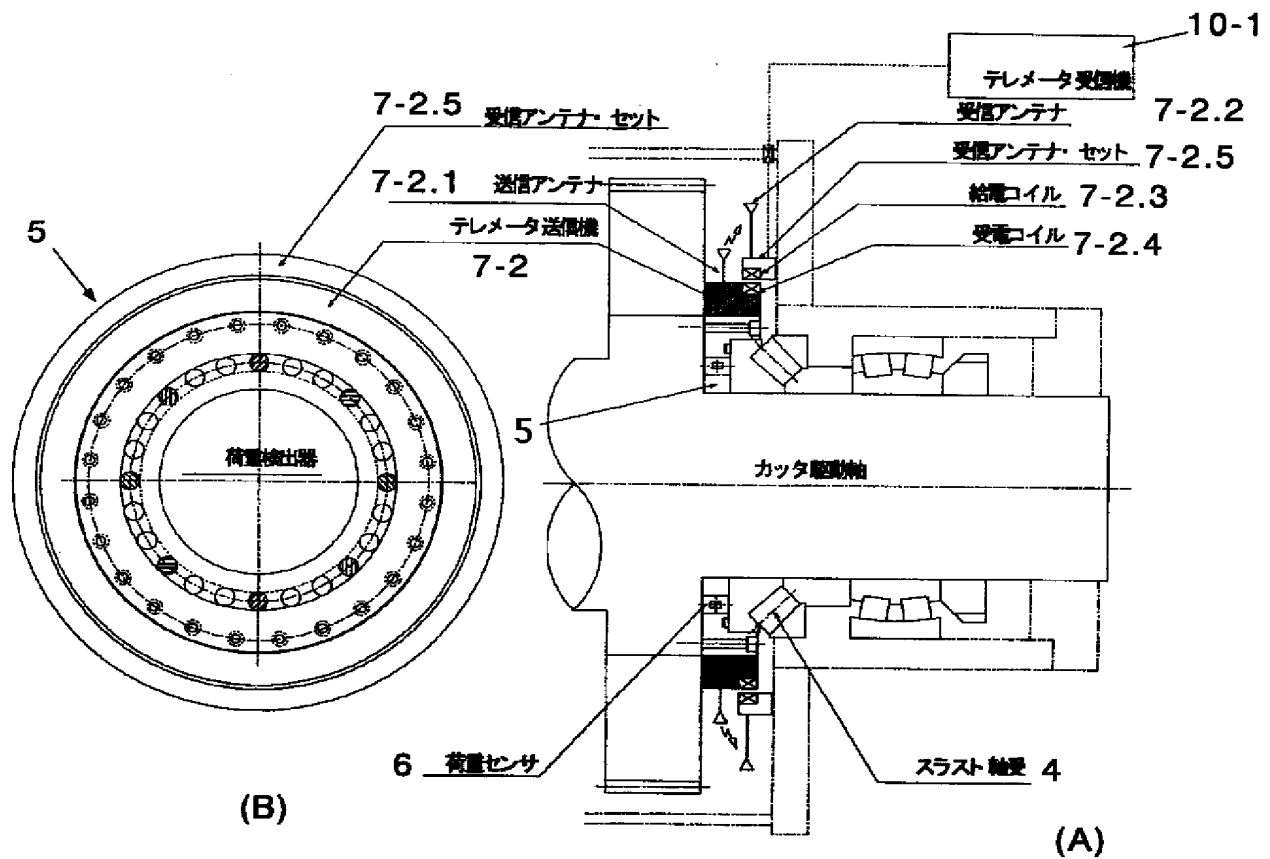
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 広幸  
愛知県知多市北浜町11番1号 石川島播磨  
重工業株式会社愛知工場内

Fターム(参考) 2D054 AC01 BA03 BB01 BB10 GA08  
GA17 GA24 GA42 GA64 GA66  
GA92  
2F051 AA06 AB09 AC01

**PAT-NO:** JP02002004772A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 2002004772 A  
**TITLE:** METHOD AND DEVICE FOR  
DETECTING THRUST LOAD OF  
DRIVING SHAFT  
**PUBN-DATE:** January 9, 2002

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
MINAGAWA, SHINYA	N/A
NAKASU, KENICHI	N/A
ITO, HIROYUKI	N/A

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD	N/A

**APPL-NO:** JP2000182120  
**APPL-DATE:** June 16, 2000

**INT-CL (IPC):** E21D009/08 , G01L005/12

**ABSTRACT:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a device for detecting driving-shaft thrust load, by which axial force is displayed and recorded quantitatively, a shield machine can be operated without depending upon experience and which can be



brought close to the full automation of the shield machine because the working load of axial thrust force generated in a cutter driving shaft by excavation reaction can be detected, the rigidity of a bearing section can be maintained at a high value and the distribution of the working load of axial thrust force can also be detected.

SOLUTION: An integral load detector 5 formed in a hollow cylindrical shape is installed at the rear section of an outer ring for the thrust bearing 4 of the cutter driving shaft 3, and thrust load working to the cutter driving shaft is detected in a shaft system static section. The load detector 5 has a hollow cylindrical main body 5a held between the rear section of the outer ring for the thrust bearing and the shaft system static section concentrically to the cutter driving shaft. The main body has a plurality of through-holes 5b penetrated in the axial direction at intervals in the peripheral direction, and load sensors 6 are mounted on the internal surfaces of the through-holes so as to detect distortion generated in the main body.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO